

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-260510

(43)Date of publication of application : 13.10.1995

(51)Int.Cl.

G01D 5/24

G01L 1/14

G01R 27/26

(21)Application number : 06-076690

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 22.03.1994

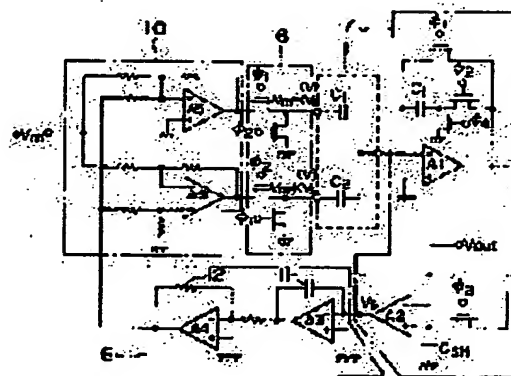
(72)Inventor : SHIBANO TOMIO  
ITO NOBUHIRO

## (54) CAPACITY TYPE SENSOR

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enlarge a dynamic capacity detecting range of a capacity type sensor to enhance reliability of capacity detection.

CONSTITUTION: An input circuit 6 using switches  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  is provided on an input side of a capacity detecting part 1, and a switched capacitor circuit 7 is connected to an output side of the capacity detecting part 1. A servo circuit 8 and an addition/subtraction circuit 10 are interposed between the switched capacitor circuit 7 and the input circuit 6. Capacitors C1, C2 of the capacity detecting part 1 are composed of fixed electrodes opposingly arranged on both sides of a movable electrode. Capacity change due to displacement of the movable electrode because of acceleration is converted to voltage by the switched capacitor circuit 7 to be outputted as an acceleration detection signal. For the acceleration detection signal, feedback electrostatic force is applied to the movable electrode via the servo circuit 8 and the addition/subtraction circuit 10 so as to restrict and support the movable electrode at a neutral position constantly by means of a voltage amplitude control system.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3329060

[Date of registration] 19.07.2002

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-260510

(43) 公開日 平成7年(1995)10月13日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 D 5/24				
G 0 1 L 1/14	A			
G 0 1 R 27/26	C			
G 0 1 D 5/24			D	
			B	
審査請求	未請求	請求項の数1	FD (全5頁)	

(21) 出願番号 特願平6-76690

(22) 出願日 平成6年(1994)3月22日

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 柴野 富雄

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

(72) 発明者 伊藤 信宏

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式会社村田製作所内

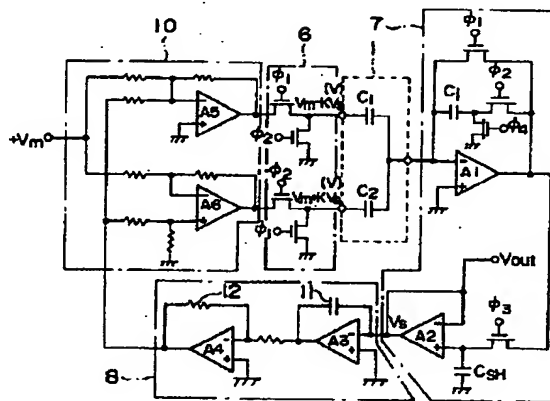
(74) 代理人 弁理士 五十嵐 清

(54) 【発明の名称】 容量型センサ

(57) 【要約】

【目的】 容量型センサのダイナミック容量検出範囲を拡大し、容量検出の信頼性を高める。

【構成】 容量検出部1の入力側にスイッチ $\phi_1$ 、 $\phi_2$ を用いた入力回路6を設け、容量検出部1の出力側にスイッチトキャパシタ回路7を接続する。スイッチトキャパシタ回路7と入力回路6との間にはサージ回路8と加減算回路10を介する。容量検出部1のコンデンサ $C_1$ 、 $C_2$ は可動電極の両側に固定電極を対向配置したもので構成し、加速度による可動電極の変位による容量変化をスイッチトキャパシタ回路7により電圧に変換して加速度検出信号として出力する。加速度検出信号にはサージ回路8と加減算回路10を介して可動電極に帰還静電力を印加し、可動電極を電圧振幅制御方式により、常時中立位置に拘束維持する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定電極と可動電極を間隔を介して対向してなる容量検出部を備え、可動電極の変位によって変化する可動電極と固定電極間の容量変化をスイッチトキャパシタ回路により電圧変化に変換して出力する容量型センサであって、前記スイッチトキャパシタ回路と容量検出部との間には、スイッチトキャパシタ回路の出力を電圧帰還して可動電極を中立位置に保持する電圧振幅制御方式によるサーボ回路が介設されていることを特徴とする容量型センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、静電容量の変化を利用して、圧力、変位、加速度等を検出する容量型センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】図3には出願人が先に試作した容量型センサの回路が示されている。同図において、容量検出部1は図5に示すように、固定電極2、3の中間位置（中立位置）に、可動電極4を配置したもので、可動電極4は梁5により保持され、例えば、加速度を受けることによりY方向に変位するようになっている。図3の回路で、コンデンサ $C_1$ は、固定電極2と可動電極4によって形成され、コンデンサ $C_2$ は固定電極3と可動電極4によって形成されている。この容量検出部1の入力側には、スイッチ $\phi_1$ と $\phi_2$ を組み合わせた入力回路6が設けられており、この入力回路6に直流の電源電圧 $V_0$ が印加されている。

【0003】容量検出部1の出力側には、スイッチトキャパシタ回路7が接続されている。このスイッチトキャパシタ回路7は、コンデンサ $C_1$ と、スイッチ $\phi_1$ 、 $\phi_2$ と、アンプ $A_1$ 、 $A_2$ と、ホールドコンデンサ $C_{SH}$ とによって構成されている。なお、各スイッチ $\phi_1$ 、 $\phi_2$ は図示しないスイッチ制御回路によって図4に示すようにオン・オフ動作が制御されている。

【0004】この容量型センサでは、スイッチ $\phi_1$ がオンのとき、オペアンプ $A_1$ の反転入力端子は0ボルトとなり、コンデンサ $C_1$ には電荷 $Q_1$ が充電され、コンデンサ $C_2$ の電荷は放電される。一方、このとき、コンデンサ $C_1$ には、以前充電されていた電荷（この場合では $Q_1 - Q_2$ ）を保持している。

【0005】次に、スイッチ $\phi_1$ がオフし、スイッチ $\phi_2$ がオンすると、コンデンサ $C_1$ の電荷 $Q_1$ はコンデンサ $C_2$ に移動し、コンデンサ $C_2$ には $+Q_2$ の電荷が充電される結果、この電荷 $+Q_2$ に対して極性が反対の電荷 $-Q_2$ がコンデンサ $C_1$ に発生する。したがって、コンデンサ $C_1$ には前に保持されていた電荷 $Q_1 - Q_2$ に今回蓄積される電荷 $Q_1 - Q_2$ が蓄積される結果、コンデンサ $C_1$ の充電電荷は $2(Q_1 - Q_2)$ となる。

【0006】このように、この容量型センサでは、スイ

ッチ $\phi_1$ と $\phi_2$ の一周期のスイッチ動作が行われるごとに、 $Q_1 - Q_2$ の電荷がコンデンサ $C_1$ に累積され、スイッチ $\phi_1$ と $\phi_2$ のオン・オフがN周期繰り返されたときのコンデンサ $C_1$ の両端電圧は $N(C_1 - C_2)V_0 / C_1$ となる。但し、 $C_1$ はコンデンサ $C_1$ の容量であり、 $C_2$ はコンデンサ $C_2$ の容量であり、 $C_1$ はコンデンサ $C_1$ の容量であり、 $V_0$ はコンデンサの印加電圧である。

【0007】前記の如く、スイッチ $\phi_1$ と $\phi_2$ のスイッチ繰り返し周期がN回、つまり、電荷の累積回数がN回になったときに、スイッチ $\phi_1$ がオンされることで、オペアンプ $A_1$ の出力電圧、つまり、コンデンサ $C_1$ の両端電圧はホールドコンデンサ $C_{SH}$ に保持される。このホールドコンデンサ $C_{SH}$ の電圧ホールド動作が行われた後、スイッチ $\phi_1$ がオンされてコンデンサ $C_1$ の累積電荷が放電されてクリアされる。そして、ホールドコンデンサ $C_{SH}$ にホールドされた電圧 $N(C_1 - C_2)V_0 / C_1$ が加速度の検出信号 $V_{OUT}$ として出力される。

【0008】このように、オペアンプ $A_1$ はスイッチ $\phi_1$ 、 $\phi_2$ をN周期のスイッチ動作を行うことにその累積された電荷に対応する出力電圧 $V_{OUT}$ を加速度検出信号として出力するのである。

【0009】一般に、この種の容量型センサは、半導体製造等のマイクロマシン技術を用いて作製されるため、コンデンサ $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_1$ の容量が、例えば、3PFと小さく、コンデンサ $C_1$ 、 $C_2$ の容量変化の差に対応する電圧変換値を大きくするためには、前記式 $N(C_1 - C_2)V_0 / C_1$ の分母のコンデンサ $C_1$ の容量を小さくする必要があるが、前記の如く、現在のマイクロマシン製造技術では、3PF程度が限界であり、これ以上容量を小さくすることは極めて困難であり、容量検出部1の容量変化の電圧変換値は小さなものとなり、この小さな電圧を加速度検出信号としてそのまま出力することはS/N比が低下して好ましくない。そこで、前記の如く、容量検出部1の容量変化に対応する電圧変換値を累積してコンデンサ $C_1$ に保持し、累積回数N回ごとにホールドコンデンサ $C_{SH}$ のホールド電圧を加速度検出信号と $V_{OUT}$ として出力することにより、検出電圧レベルを大きくし、S/N比の高い検出信号を出力するようにしている。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記図3に示す試作の容量型センサは、加速度によって可動電極4を機械的に変位する方式のものであるため、非常に大きな加速度が加わったときには、可動電極4の変位量が大きくなり、極端な場合には、可動電極4が固定電極2あるいは3に接触してしまい、どうしても可動範囲に限界が生じ、加速度検出範囲のダイナミックレンジが制限されるという問題があった。

【0011】また、可動電極4は加速度を受けることに

機械的に変位するため、長期に亘って使用しているうちに、梁5の機械的ばね定数が変化してしまうという問題があり、また、このばね定数は温度によっても変化するため、長期に亘って正確な、かつ、信頼性の高い加速度検出ができなくなるという問題があった。

【0012】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その目的は、可動電極が機械的に変位することの前記各種問題点を解消し、長期に亘って正確、かつ、信頼性の高い加速度等の容量検出を行うことができる容量型センサを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するために、次のように構成されている。すなわち、本発明は、固定電極と可動電極を間隔を介して対向してなる容量検出部を備え、可動電極の変位によって変化する可動電極と固定電極間の容量変化をスイッチトキャパシタ回路により電圧変化に変換して出力する容量型センサであって、前記スイッチトキャパシタ回路と容量検出部との間には、スイッチトキャパシタ回路の出力を電圧帰還して可動電極を中立位置に保持する電圧振幅制御方式によるサーボ回路が介設されていることを特徴として構成されている。

【0014】

【作用】上記構成の本発明において、容量検出部で検出される容量変化はスイッチトキャパシタ回路により電圧変化に変換されて出力される。この回路動作において、スイッチトキャパシタ回路の出力信号はサーボ回路を介して容量検出部に帰還され、このサーボ回路の出力により、容量検出部の可動電極は常に中立位置に保持制御される結果、例えば、可動電極が加速度を受けても、この加速度によって機械的に変位することが防止され、また、経時変化や温度変化に伴い可動電極の機械的ばね定数の変化による影響が取り除かれ、これにより、検出のダイナミックレンジが広く、正確、かつ、信頼性の高い加速度等の容量検出が可能となる。

【0015】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づいて説明する。なお、本実施例の説明において、前記試作装置と同一の名称部分には同一符号を付し、その重複説明は省略する。図1には本発明に係る容量型センサの一実施例の回路構成が示され、図2には同センサに組み込まれている各種スイッチのタイムチャートが示されている。

【0016】本実施例が前記試作センサと異なる特徴的なことは、スイッチトキャパシタ回路7から入力回路8への還流経路間にサーボ回路8と加減算回路10を介設したことであり、それ以外の構成は前記試作例と同様である。

【0017】スイッチトキャパシタ回路7の出力側に接続されるサーボ回路8は比較器A<sub>1</sub>と、信号反転を行うオペアンプA<sub>2</sub>とを有して構成されている。比較器A<sub>1</sub>、

の反転入力端子にはスイッチトキャパシタ回路7のオペアンプA<sub>1</sub>の出力帰還信号（出力帰還電圧）が印加されており、比較器A<sub>1</sub>の非反転入力端子は基準電圧のグラウンドに接続されている。また、比較器A<sub>1</sub>の出力側と反転入力端子間には電圧平滑を行う平滑コンデンサ11が接続されている。比較器A<sub>1</sub>の出力信号は抵抗器を介してオペアンプA<sub>2</sub>の反転入力端子に加えられており、オペアンプA<sub>2</sub>の非反転入力端子はグラウンドの基準電圧に接続されている。そして、オペアンプA<sub>2</sub>の出力側と反転入力端子間には抵抗器12が接続され、オペアンプA<sub>2</sub>の出力信号は加減算回路10に加えられている。

【0018】加減算回路10はオペアンプA<sub>3</sub>を用いた加算器とオペアンプA<sub>4</sub>を用いた減算器を備えて構成されており、加算器は、サーボ回路8の出力を電源電圧V<sub>cc</sub>に加算してコンデンサC<sub>1</sub>に加え、減算器は電源電圧V<sub>cc</sub>からサーボ回路8の出力を減算し、この減算出力をコンデンサC<sub>2</sub>に加えるようにしている。なお、前述した試作センサと同様に、各スイッチφ<sub>1</sub>、φ<sub>2</sub>にはスイッチ制御回路（図示せず）が接続され、図2に示す動作タイミングでスイッチ動作が制御されている。

【0019】本実施例の容量型センサは、前述した試作センサと同様に、スイッチφ<sub>1</sub>とφ<sub>2</sub>のN回の周期ごとにホールドコンデンサC<sub>h</sub>にホールドされた加速度に対応する検出電圧V<sub>out</sub>が加速度検出信号としてスイッチトキャパシタ回路7のオペアンプA<sub>1</sub>から出力される。その一方で、サーボ回路8と加減算回路10により、容量検出部10の可動電極4に対するサーボ駆動が行われる。

【0020】容量検出部1に加速度が作用していない状態時には、可動電極4は固定電極2、3間の中間中立位置に位置しており、そのときのコンデンサC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>の容量が等しいので、オペアンプA<sub>3</sub>の出力電圧は0ボルトとなる。これに対し、容量検出部1に加速度が加わり、例えば、コンデンサC<sub>1</sub>の容量がコンデンサC<sub>2</sub>の容量よりも大となったC<sub>1</sub> > C<sub>2</sub>の状態のときのスイッチトキャパシタ回路7の出力電圧がV<sub>1</sub>（V<sub>1</sub> = V<sub>out</sub>）のとき、比較器A<sub>1</sub>の出力はV<sub>1</sub>となり、この電圧V<sub>1</sub>がオペアンプA<sub>2</sub>で反転されてオペアンプA<sub>2</sub>の加算器とオペアンプA<sub>4</sub>の減算器に加えられる結果、コンデンサC<sub>1</sub>には（V<sub>1</sub> - KV<sub>1</sub>）の電圧が、コンデンサC<sub>2</sub>には（V<sub>1</sub> + KV<sub>1</sub>）の電圧がそれぞれ印加され、コンデンサC<sub>1</sub>の容量を減らす方向の静電力が可動電極4に印加される結果、加速度を受けて固定電極2側に変位しようとする可動電極4はこのサーボ駆動静電力によって中立位置に引き戻され、可動電極4は中立位置に保持される。なお、Kはサーボ回路8の帰還係数である。

【0021】同様に、容量検出部1に反対方向の加速度が作用して、コンデンサC<sub>1</sub>よりもコンデンサC<sub>2</sub>の容量が大きいC<sub>1</sub> < C<sub>2</sub>となったときには、C<sub>1</sub> > C<sub>2</sub>の場合と逆の静電力が可動電極4に印加される結果、可動

電極4は同様に中立位置に拘束保持される。

【0022】このように、本実施例は、サーボ駆動の静電力によって可動電極4は常に中立位置に拘束保持されるので、加速度を受けても、可動電極が変位することがなくなり、これにより、試作センサの如く、加速度を受けて可動電極4が固定電極2、3に接触したりするということがなくなるので、加速度検出範囲のダイナミックレンジを拡大することが可能となる。

【0023】また、可動電極4の機械的変位によって加速度を検出するものではないため、センサの長期使用あるいは温度変化により、可動電極4のばね定数(梁5のばね定数)が変化しても、このばね定数の変化の影響を受けずに加速度検出が行われるので、長期に亘って正確な、かつ、信頼性の高い加速度検出が可能となる。

【0024】なお、本発明は上記実施例に限定されることはなく、様々な実施の態様を採り得る。例えば、上記実施例では、サーボ回路8の比較器A<sub>1</sub>の非反転入力端子に印加される基準電圧をグランド電圧としたが、この基準電圧は基準となる一定の電圧を印加すればよく、グランド電圧(零電圧)と異なる電圧によって設定することで、サーボ駆動を行うとき、可動電極4の中立位置を固定電極2、3の中間位置から偏位させることができる。

【0025】さらに、上記実施例では、スイッチφ<sub>1</sub>とφ<sub>2</sub>のN回の繰り返し周期(N回の累積動作)ごとにスイッチトキャパシタ回路7から加速度の検出信号を出力するようにしたが、スイッチφ<sub>1</sub>とφ<sub>2</sub>の1回のスイッチ周期動作ごとに加速度検出信号を出力するようにしてもよい。前記の如く、現在のコンデンサの製造技術では、3PF程度の容量が下限容量であるが、コンデンサの製造技術が進歩し、より小さい容量のコンデンサが製造できるようになれば、1回のスイッチ周期動作によっても、大きな加速度検出電圧が得られることとなり、このような場合には、スイッチφ<sub>1</sub>、φ<sub>2</sub>の1回のスイッチ周期ごとに正確な、かつ、信頼性が高く、周波数特性を改善でき、S/N比の高い加速度検出信号が得られることとなる。

【0026】N=1とすることで、信号検出のサンプリング周波数が上がり、この結果、センサの周波数特性が改善される。具体的には、加速度の周波数応答特性が10Hzから50Hz程度ぐらい改善できる。

【0027】さらに、実施例では本発明の容量型センサを、加速度検出センサとして用いた場合を例にして説明したが、本発明の容量型センサは、加速度以外の圧力、

変位等の検出センサとして適用することが可能であり、この場合は、容量検出部1の形態を、被検出対象に合わせて設計することとなる。

【0028】さらに、上記実施例では、可動電極4の両側に固定電極2、3を対向配置したが、固定電極2、3の一方を省略し、1個の固定電極と1個の可動電極により容量検出部を構成してもよい。また、固定電極と可動電極の電極形態は本実施例のものに限定されるものではなく、仕様に応じ、適宜に設計されるものである。

10 【0029】

【発明の効果】本発明は、容量検出部で検出される容量変化をスイッチトキャパシタ回路により電圧信号に変換して出力する回路構成の下において、スイッチトキャパシタ回路の出力信号を帰還し、サーボ回路によって容量検出部の可動電極にサーボ静電力を印加し、可動電極を常に中立位置に保持するようにしたので、可動電極の可動範囲が制限を受けるということがなくなり、容量検出のダイナミックレンジを拡大することが可能となる。

20 【0030】また、経時変化や温度変化等に起因する可動電極の機械的ばね定数の変化に影響を受けることがなくなり、これにより、長期に亘って正確な、かつ、信頼性の高い容量検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る容量型センサの一実施例の回路構成図である。

【図2】本実施例の容量型センサの各スイッチ動作を示すタイムチャートである。

【図3】出願人が先に試作した容量型センサの回路図である。

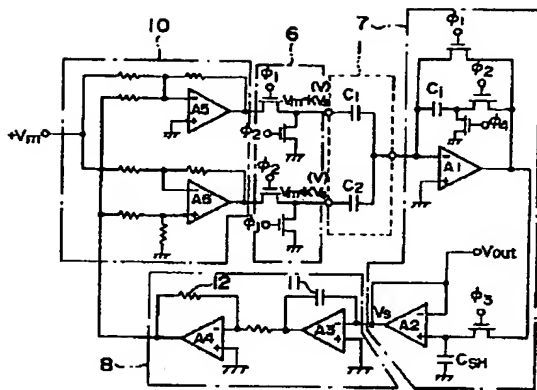
30 【図4】試作センサのスイッチ動作のタイムチャートである。

【図5】容量検出部の一構成例の模式説明図である。

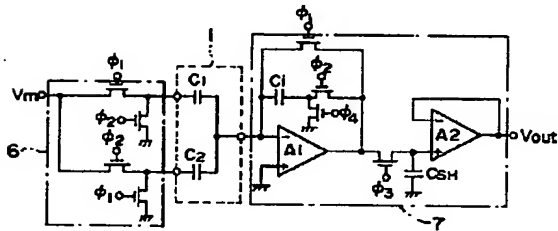
【符号の説明】

- 1 容量検出部
- 7 スwitchトキャパシタ回路
- 8 サーボ回路
- 10 加減算回路
- 11 平滑コンデンサ
- C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub> コンデンサ
- φ<sub>1</sub>、φ<sub>2</sub>、φ<sub>3</sub>、φ<sub>4</sub> スイッチ
- A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>、A<sub>4</sub>、A<sub>5</sub> オペアンプ
- A<sub>6</sub> 比較器
- C<sub>5</sub> ホールドコンデンサ

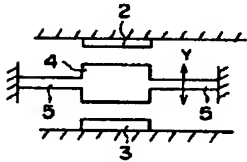
【図1】



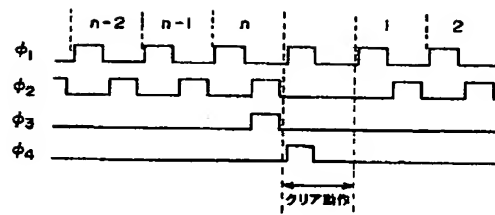
【図3】



【図5】



【図2】



【図4】

